祁连山北麓四种天然草地蝗虫物种多样性比较研究

孙　涛[1,2]，龙瑞军[3,4,*]，刘志云[3,4]

（1. 中国科学院西北高原生物研究所，西宁 810008；2. 中国科学院研究生院，北京 100049；
3. 兰州大学青藏高原生态系统管理国际中心，兰州 730020；4. 兰州大学草地农业科技学院，兰州 730020）

摘要：为了研究不同草地类型间草地蝗虫多样性的时空变化特性，于2008和2009年6－10月在祁连山北麓4种天然草地设置采样点，用网捕法调查草地蝗虫物种丰富度和相对多度。共捕获到蝗虫28种(亚种)，隶属于7科15属。结果显示：4种不同草地类型平均蝗虫丰富度变化幅度为7～23种，较低的蝗虫丰富度出现在高山灌丛，2008和2009年其丰富度分别为7和8种；而高山草地蝗虫丰富度值最高，两年分别为16和23种；荒漠草地和高山草甸蝗虫丰富度介于以上两者之间，两年间丰富度值分别为15和15及9和12种。结果提示，水热资源状况、草地植被和地貌地势等特性决定的空间异质性对草地蝗虫群落组成、多样性和空间分布产生重要影响，不同生境间草地蝗虫时空分布呈现明显分化。

关键词：草地蝗虫；物种多样性；空间异质性；丰富度；相对多度

中图分类号：Q968.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2010)06-0702-06

A comparative study of grasshopper species (Orthoptera: Acridoidea) diversity in different grasslands in the northern slopes of Qilian Mountains

SUN Tao[1,2], LONG Rui-Jun[3,4,*], LIU Zhi-Yun[3,4] (1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. The International Center for Tibetan Plateau Ecosystem Management, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China; 4. College of Pastoral Agricultural Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

Abstract: To study the major features of the spatio-temporal variation in the diversity of grassland grasshopper in different grassland types in the northern slopes of Qilian Mountains, four grassland types were selected and sweep-net method was used to investigate the richness and relative abundance of grassland grasshoppers from June to October in 2008 and 2009. In total 28 species (or subspecies) belonging to 7 families and 15 genera were collected. Average species richness ranged from 7 to 23 species per grassland type. The species richness was lower in the alpine shrubland, and there were only 7 and 8 species in 2008 and 2009, respectively. The species richness was higher in the alpine grassland in 2008 (16 species) and 2009 (23 species). Species richness of the desert grassland and the alpine meadow was between the two mentioned above, and there were 15 and 15 species in 2008, and 9 and 12 species in 2009, respectively. The results suggest that spatial heterogeneity determined by moisture, thermal resource, vegetation and geographical factors plays an important role in determining community composition, diversity and special distributions of grassland grasshoppers.

Key words: Grassland grasshopper; species diversity; spatial heterogeneity; richness; relative abundance

作为一个以多种草本植物为主体的生态系统，草地生物与其生存的自然景观在漫长的时空发育、演替和协同进化中，逐渐形成了复杂多样的草地生态系统。这个系统中重要的组成部分草地蝗虫，也经历了同步协同进化演替过程。作为植食性动物，草地蝗虫以草地植物为其主要的食物源，并依靠不同理化性质和较小盖度的土壤作为其潜在的产卵场所，对其所栖息生活的生境或板块空间特性反应极

基金项目：国家自然科学基金重点项目(30730069)

作者简介：孙涛，男，1979年生，甘肃通渭人，博士，主要从事草地昆虫生态学研究，E-mail：suntao231@yahoo.com.cn

*通讯作者 Corresponding author，E-mail：longrj@lzu.edu.cn

收稿日期 Received：2009-12-11；接受日期 Accepted：2010-03-08

为敏感(Wood and Samways，1991)，通过调节种群数量、改变时空分布和发生动态来作出积极响应(Gebeyehu and Samways，2006)。因此，草地蝗虫多样性与其生存的生境特性和空间属性息息相关，其物种组成和相对多度在不同生境类型下也不相同。有关草地蝗虫多样性和区系组成的研究很多，国外有学者对南美 Pampas 和北美 Great Plain 草原蝗虫多样性、生物地理学和发生时空动态进行报道(Vickery，1989；Lockwood *et al*.，1994；Cigliano *et al*.，2000)，国内先后就内蒙古(马耀等，1991；Lockwood *et al*.，1994)、云贵川陕宁(郑哲民，1985；刘晓英，2003；许升全等，2004)、北京(车晋滇等，2006)等地区的蝗虫区系组成、地理分布格局、不同生境分布和空间多样性进行深入研究。

由于祁连山强烈的褶皱隆起和走廊地带的大幅沉降，形成了祁连山北麓复杂的地貌类型和特殊的地理位置，使得该地区植被和气候垂直分异规律明显。受气候和地形条件等影响，形成了不同草地类型和蝗虫群落组成。在我国昆虫地理区划上，该地带处于内蒙河西干草原区的河西走廊洲，非常接近青藏高寒草地荒漠区和新疆干草原荒漠区，属于东方区系和中亚西亚区系过渡地带(卫润屋等，1985)。尽管对该处草地蝗虫发生与防治对策(史奎英和李焕仁，1991)，局部地区蝗虫种类组成、分布特点(冯光翰和李新文，1984)，以及草场类型与蝗虫种群分布等有初步研究，但尚未见该地区天然草地不同草地类型蝗虫多样性的报道。为此，我们对不同类型蝗虫种群组成，发生时间动态和多样性进行全面深入研究，以期进一步验证空间异质性对种群组成和多样性影响假设，也可为该地草地蝗虫的有效管理和综合治理提供科学参考依据。

1 材料与方法

1.1 自然概况

研究地区位于祁连山北麓甘肃省肃南县境内，分布于97°20′E ~ 102°13′E，37°28′N ~ 39°49′N 之间，年均温 8 ~ －16.7℃，≥0℃的年积温变化在 0 ~ 3 700℃；年降水量变化在 66 ~ 600 mm；具有大陆性气候、高山气候和高寒大陆性气候特点。受气候、土壤、生物等自然因素的影响，天然草地的垂直地带性明显。根据自然地理、气候和植被条件将研究区大致划分为 4 个草地类型。

1.2 样地设置

蝗虫取样是在 4 种草地类型上完成的，它们基本覆盖了祁连山北麓主要天然草地类型，即：荒漠草地，海拔 1 400 ~ 2 500 m，年均温 3 ~ 7℃，年降水量 87 ~ 222 mm，土壤为山地棕钙土为主。植被以旱生半灌木、草本为主，葱属、蒿属植物居亚优势地位；高山草地：海拔 1 500 ~ 3 000 m，年均温 0.2 ~ 2.1℃，年降水量 260 ~ 491 mm，土壤以山地栗钙土为主。植被以旱生草本植物为主，禾本科针茅属占优势；高山草甸：海拔 2 900 ~ 3 400 m，年均气温 0℃左右，年降水量 370 ~ 450 mm，土壤为山地黑钙土、山地暗栗钙土，植被以多年生中旱生、丛生和根茎型禾草占优势，灌木次生植物和杂草类占很大比例；高山灌丛：海拔 3 000 ~ 3 800 m，年均气温 －3.1℃，年降水量 200 ~ 265 mm。土壤为高山草原土，植被以冷旱生、旱中生的耐寒耐盐植物为主。高山草地蝗虫物种调查于 2008 和 2009 年 6 － 10 月份进行，其余 3 种草地类型于 7 － 8 月间进行，每种草地类型选 5 个样地进行调查。

1.3 取样方法

在每个样地，按 Evans (1988)描述的方法，用昆虫采集网以“Z”字型快速扫网采样法取样，沿约为 5 m 间距选择 3 个样条，在晴朗、无风的天气下，进行蝗虫取样。每个样地扫 200 网。尽管有研究(Larson *et al*.，1999)认为用扫网法在灌木上取样可能会影响到蝗虫多样性的准确估计，但考虑到研究区灌木较低，并处于开阔地带，能够满足扫网法要求，故而认为对该样地的蝗虫数量和物种数不会产生显著影响。捕捉到的蝗虫投入到 95% 的酒精瓶中，带回实验室进行计数和鉴定，蝗虫标本依据刘举鹏(1990)和卫润屋等(1985)鉴定，难以确认种类请教蝗虫分类专家进行鉴定。

1.4 数据统计与分析

为了评估不同草地类型下蝗虫物种丰富度和相对多度，用扫网法收集到的蝗虫来计算每年的物种丰富度和相对多度。相对多度 = 样地中某一物种样本数/样地中所有物种样本数 × 100；物种丰富度为某一样地中所有物种的数量。来自不同草地类型 5 个样地的蝗虫物种多度和丰富度平均后进行计算。同时以草地类型为分类单元，不同草地蝗虫种类为性状进行聚类分析，以确定不同草地类型物种的分布形式。本文的聚类分析过程用 SPSS 18.0 软件完成，聚类方法选择组内连接，距离和相似性测度方法选择雅科比系数。

2 结果与分析

本次调查共采集到蝗虫 28 种(亚种)，隶属于 7 科 15 属(表 1)。4 种草地类型平均蝗虫丰富度变化幅度为 7 ~ 23 种。较低蝗虫丰富度出现在高山灌丛，2008 和 2009 年丰富度分别为 7 和 8 种，而高山草地蝗虫丰富度值则较高，两年分别是 16 和 23 种，荒漠草地和高山草甸蝗虫丰富度介于两者之间，两年间丰富度值分别为 15 和 15 以及 9 和 12 种。

表 1 4 种天然草地类型蝗虫相对多度(头/200 网)

Table 1 The relative abundance of grasshoppers in four grassland types (individuals/200 sweeps)

科/种 Family/species	荒漠草地 Desert grassland (*n* = 5)		高山草地 Alpine grassland (*n* = 5)		高山草甸 Alpine meadow (*n* = 5)		高山灌丛 Alpine shrubland (*n* = 5)	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
蚱科 Tetrigdae								
日本蚱 *Tetrix japonica* (Bolivar)			3.9	2.6				
癞蝗科 Thrinchidae								
肃南短鼻蝗 *Filchnerella sunanensis* Liu		5.6	8.7	4.3				
祁连山短鼻蝗 *F. qilianshanensis* Xi *et al.*	6.4	8.7	5.6	1.2				
斑腿蝗科 Catantopidae								
短星翅蝗 *Calliptamus abbreviatus* Ikonn.	3.5	6.2	4.9	4.5				
黑腿星翅蝗 *C. barbarus cephalotes* Costa		2.6		1.8				
斑翅蝗科 Oedipodidae								
大垫尖翅蝗 *Epacromius coerulipes* (Ivan.)	8.2	7.3						
黄胫小车蝗 *Oedaleus infernalis* Sauss.	4.3	5.1		1.2				
亚洲小车蝗 *O. asiaticus* B. -Bienko	6.3	4.1	5.7	3.6				
丽束颈蝗 *Sphingonotus elegans* Mistsh.	3.5							
尤氏痂蝗 *Bryodema uvarovi* B. -Bienko			3.7	2.1				
黄胫异痂蝗 *B. holdereri holdereri* (Krauss)	2.4	3.1		2.1				
白边痂蝗 *B. luctuosum luctuosum* Stoll			5.2	2.8				
祁连山痂蝗 *B. qilianshanensis* Lian *et* Zheng	12.7							
黑翅皱膝蝗 *Angaracris nigripennis* Lian *et* Zheng	8.1	4.2		3.7				
红翅皱膝蝗 *A. rhodopa* (F. -W.)	5.2	4.4	4.7	2.8	12.5	10.6		
网翅蝗科 Arcypteridae								
宽翅曲背蝗 *Pararcyptera microptera meridionalis* (Ikonn.)			3.4	4.2	12.6	9.4		
红腹牧草蝗 *Omocestus haemorrhoidalis* (Charp.)			2.5	1.2	5.4	4.5	15.3	19.5
揭色雏蝗 *Chorthippus brunneus* (Thunb.)	2.1	5.8	9.5	8.7	3.9	7.6	10.5	13.5
狭翅雏蝗 *Ch. dubius* (Zub.)	20.2	5.8	13.8	12.7	18.4	11.8	5.7	14.8
夏氏雏蝗 *Ch. hsiai* Cheng *et* Tu				3.5		7.7	21.7	8.6
小翅雏蝗 *Ch. fallax* (Zub.)			4.1	2.2	12.9	9.1	11.3	12.3
白纹雏蝗 *Ch. albonemus* Cheng *et* Tu			10.5	11.1	12.8	5.4		
短角雏蝗 *Ch. brevicornis* Wang *et* Zheng					13.6	7.2		
异色雏蝗 *Ch. bigutttulus* (L.)						5.3		9.8
槌角蝗科 Gomphoceridae								
宽须蚁蝗 *Myrmeleotettix palpalis* Zub.	17.1	19.3	9.8	15.3			23.2	14.5
李氏大足蝗 *Gomphocerus licenti* (Chang)		4.6	4.6	3.8	7.8	12.6	12.3	6.9
毛足棒角蝗 *Dasyhippus barbipes* F. -W.				2.4		8.8		
剑角蝗科 Acrididae								
中华剑角蝗 *Acrida cinerea* Thunb.				2.2				
总数/200 网 Total individuals/200 sweeps	135	167	213	234	146	176	65	79

荒漠草地采集到蝗虫 15 种，占总数的 53.6%，仅次于高山草地捕捉到的蝗虫种类。从网扫法测得相对多度来看，狭翅雏蝗 *Chorthippus dubius*（Zub.）和宽须蚁蝗 *Myrmeleotettix palpalis* Zub. 数量较多，分布较广，主要在以针茅为主的草地上，为该生境的优势种。而大垫尖翅蝗 *Epacromius coerulipes*（Ivan），丽束颈蝗 *Sphingonotus elegans* Mistsh. 和祁连山痂蝗 *Bryodema qilianshanensis* Lian *et* Zheng 为该草地类型特有种。高山草地以宽须蚁蝗、狭翅雏蝗、白纹雏蝗 *Ch. albonemus* Cheng *et* Tu 和褐色雏蝗 *Ch. brunneus*（Thunb.）为优势种，该种草地类型分布蝗虫共有 23 种，占总数的 82.1%，在 4 种草地类型中占绝对优势。高山草甸由于气温低、生长季短、蝗虫种类较为单一，共采集到 12 种，主要有红翅皱膝蝗 *Angaracris rhodopa*（F.-W.）、狭翅雏蝗、小翅雏蝗、李氏大足蝗 *Gomphocerus licenti*（Chang）和宽翅曲背蝗 *Pararcyptera microptera meridionalis*（Ikonn.）等。高山灌丛蝗虫种类最少，主要为红腹牧草蝗 *Omocestus haemorrhoidalis*（Charp.）和几种雏蝗。

从分类学来看，斑翅蝗科是包含最多蝗虫种类的科，该科有 10 种蝗虫分布在不同类型草地，占全部种类的 35.7%，其次为网翅蝗科，包含 9 个种，占总种类的 32.1%。槌角蝗科有 3 种，癞蝗科和斑腿蝗科均有 2 种，分别占总种类的 10.7% 和 7.1%，蚱科和剑角蝗科仅含 1 种，仅占总种类的 3.5%。

由草地蝗虫种类分布数据聚类得到的 4 种草地类型聚类图（图 1）。依不同草地类型间蝗虫种类分布情况可分为两种类型：高山草地和荒漠草地聚成一类，此草地类型蝗虫分布种类多，该类草地特征表现为光热资源充分、温度高、蝗虫有效生长期长、蝗虫食物资源丰富、海拔较低等；而由高山草甸和高山灌丛聚类而成的草地类型特性则表现为草地蝗虫种类较少，热量资源短缺、蝗虫有效生长期短、海拔较高等。

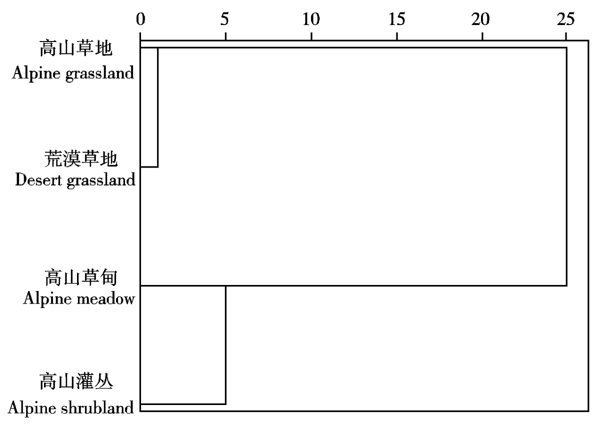


图 1　4 种天然草地蝗虫种类分布关系聚类图

Fig. 1　Dendrogram of grasshopper species in four grassland types

3　讨论

物种多样性往往与气候条件（Kemp and Cigliano, 1994；吴瑞芬等, 2005）关系密切。由水热资源状况等因子决定的空间异质性对草地蝗虫的空间分布产生重要影响，而蝗虫从其生活生境获取自身生存所需各种资源；不同生境提供热量和水分等资源的能力有异。因此，与某一生境相对应的蝗虫物种数目也有不同（Miller and Onsager, 1991；Belovsky and Slade, 1995；倪绍祥等, 2000）。本研究中，4 种草地类型年均温和海拔高度由高到低排序为荒漠草地、高山草地、高山草甸和高山灌丛；而降雨量递减变化趋势表现为高山草甸、高山草地、高山灌丛和荒漠草地。因此荒漠草地气候要素表现为热量充足而水分欠缺，该处草地类型蝗虫可获得足够能量来完成各个发育阶段，影响其种群组成和发生数量动态的关键限制因子是水分（Moriarty, 1969），虫卵孵化以及若虫所需食物资源都受水分资源制约。高山灌丛海拔高，降雨量相对丰富，但该处年均温仅为 −3.1℃，热量资源严重不足严重制约蝗虫虫卵孵化和生长发育。相比以上两种草地类型，高山草地和高山草甸具有相对丰富水分和热量资源，可满足草地蝗虫所需水热条件。从 4 种草地类型蝗虫种类分布聚类分析结果来看，荒漠草地和高山草地聚成一类，这类草地蝗虫分布物种数多，其最主要原因可能与这类草地热量资源丰富，可为蝗虫提供较长生长期；而高山草地和高山草甸蝗虫分布物种数较少，则可能与该类草地海拔高、温度低、获得有效热量资源较少有关。由此可知热量资源和温度对蝗虫分布起着极为重要的作用，这个分析结果与刘缠民和廉振民（2002）的研究结果一致。此外，极端气候条件（超低温、大风、持续干旱和强降雨等）也能严重影响蝗虫的发生和繁殖（Battisti *et al.*, 2005）。

除气候条件外，草地蝗虫发生种类和发生数量也受植被状况（康乐等, 1989；Miller and Onsager, 1991）、植物层次结构（贺达汉和郑哲民, 1996），食物资源（Belovsky and Slade, 1995）和栖境

(Greenstone, 1984)等影响。植物一方面给蝗虫提供食物资源、同时也是其赖以栖息生活、逃避天敌捕食、躲避不利天气影响的场所。本研究 4 种草地类型间，草地植物种群组成、植物物候期以及植物层次结构均有不同程度差异，而不同植物种类及其物候期上的差异对其养分和含量有一定影响；再者，不同植物层次结构遮挡阳光直射、减小风吹力度和消弱降雨冲击的能力有异，间接影响到蝗虫的栖息行为。因此，草地蝗虫对不同养分资源和植物层次结构的响应对策也不相同，可经选择栖息植物部位、调整发生期和改进自身构件等对此作出积极响应，形成不同草地类型间形成与该处生境相适应的蝗虫种类。

天敌(Branson, 2005)、人类活动(Joern, 1992; 康乐, 1995)，地形地貌(Wachter *et al*., 1998)和放牧干扰等因素在较短时间尺度上也会对草地蝗虫的分布和发生产生干扰，这些因素的单一或互作效应干扰影响了蝗虫物种和数量的发生。此外，不同年际间，同一草地类型草地蝗虫发生数量的差异，与当年降雨时期、降雨量、极端气候等气象因素以及放牧活动、虫害防治等草地管理措施关系密切。而不同草地类型之间蝗虫多样性差异则与水热资源状况、草地植被群落结构组分、地形地貌、人类活动、草地蝗虫和植物进化策略因素有关。

致谢 承蒙甘肃农业大学冯光翰教授和肃南县畜牧局马守伦高级畜牧师鉴定部分蝗虫标本，在此深表感谢！

参考文献(References)

Battisti SM, Netherer S, Robinet C, 2005. Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecol. Appl*., 15(6): 2084 - 2096.

Belovsky G, Slade J, 1995. Dynamics of two Montana grasshopper populations: Relationships among weather, food abundance and intraspecific competition. *Oecologia*, 101: 383 - 396.

Branson DH, 2005. Direct and indirect effects of avian predation on grasshopper communities in northern mixed-grass prairie. *Environ. Entomol*., 34(5): 1114 - 1121.

Che JD, Yang JG, Hu B, 2006. Locust species and their vertical distribution in Beijing area. *Entomol. Knowl*., 43(2): 254 - 257. [车晋滇, 杨建国, 胡彬, 2006. 北京地区蝗虫种类研究及其垂直分布调查. 昆虫知识, 43(2): 254 - 257]

Cigliano MM, de Wysiecki ML, Lange CE, 2000. Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) species diversity in the Pampas, Argentina. *Diver. Distrib*., 6: 81 - 91.

Evans EW, 1988. Grasshopper (Insecta: Orthoptera: Acrididae) assemblages of tallgrass prairie: Influences of fire frequency, topography, and vegetation. *Can. J. Zool*., 66: 1495 - 1501.

Feng GH, Li XW, 1984. A survey of grassland grasshoppers in Dahe District, Sunan County, Gansu Province. *J. Gansu Agric. Univ*., 2: 112 - 116. [冯光翰, 李新文, 1984. 肃南县大河地区草原蝗虫调查. 甘肃农业大学学报, 2: 112 - 116]

Gebeyehu S, Samways MJ, 2006. Topographic heterogeneity plays a crucial role for grasshopper diversity in a southern African megabiodiversity hotspot. *Biodivers. Conserv*., 15: 231 - 244.

Greenstone MH, 1984. Determination of web spider species diversity: Vegetation structural diversity *vs* prey availability. *Oecologia*, 62: 299 - 304.

He DH, Zheng ZM, 1996. Mathematical demonstration for the ecological effects of environmental factors on grasshopper community. *Acta Agrestia Sinica*, 4(3): 213 - 220. [贺达汉, 郑哲民, 1996. 环境因子对蝗虫群落生态效益的数值分析. 草地学报, 4(3): 213 - 220]

Joern A, 1992. Variable impact of avian predation on grasshopper assemblies in sandhills grassland. *Oikos*, 458 - 463.

Kang L, 1995. Grasshopper-plant interaction under different grazing intensities in Inner Mongolia. *Acta Ecol. Sin*., 15(1): 1 - 11. [康乐, 1995, 放牧干扰下的蝗虫-植物相互作用关系. 生态学报, 15(1): 1 - 11]

Kang L, Li HC, Chen YL, 1989. Studies on the relationships between distribution of orthopterans and vegetation types in the Xilin River Basin district of Inner Mongolia Autonomous Region. *Acta Phytoecol. Geobot. Sin*., 13: 341 - 349. [康乐, 李鸿昌, 陈永林, 1989. 内蒙古锡林河流域直翅目昆虫生态分布规律与植被类型关系的研究. 植物生态学与地植物学学报, 13(4): 341 - 349]

Kemp WP, Cigliano MM, 1994. Drought and rangeland species diversity. *Can. Entomol*., 126: 1075 - 1092.

Larson DP, O'Neill KO, Kemp WP, 1999. Evaluation of the accuracy of sweep sampling in determining grasshopper (Orthoptera, Acrididae) community composition. *J. Agri. Urban Entomol*., 16: 207 - 214.

Liu CM, Lian ZM, 2002. Ordination and regression of grasshopper communities on south-facing slope of the Taibai Mountain. *J. Northwest Forestry. Univ*., 17(4): 57 - 61. [刘缠民, 廉振民, 2002. 太白山南坡蝗虫群落排序及环境因素分析. 西北林学院学报, 17(4): 57 - 61]

Liu JP, 1990. The Identification of Grasshoppers in China. Tianze Eldonejo. Yangling, Shaanxi. 207 pp. [刘举鹏, 1990. 中国蝗虫鉴定手册. 陕西杨陵: 天则出版社. 207 页]

Liu XY, 2003. Grasshopper distribution of different habitats in restoration ecosystem of Northern Shaanxi. *J. Shaanxi Norm. Univ. (Natural Science Edition)*, 31(2): 41 - 45. [刘晓英, 2003. 陕北恢复生态系统中的不同生境蝗总科昆虫分布研究. 陕西师范大学学报(自然科学版), 31(2): 41 - 45]

Lockwood JA, Li HC, Dodd JL, Williams SE, 1994. Comparison of grasshopper (Orthoptera: Acrididae) ecology on the grasslands of the Asian Steppe in Inner Mongolia and the Great Plains of North America. *J. Orth. Res*., 2: 4 - 13.

Ma Y, Li HC, Kang L, 1991. The Grassland Insects of Inner Mongolia. Tianze Eldonejo, Yangling, Shaanxi. 467 pp. [马耀，李鸿昌，康乐，1991. 内蒙古草地昆虫. 陕西杨陵：天则出版社. 467 页]

Miller RH, Onsager JA, 1991. Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) and plant relationships under different grazing intensities. *Environ. Entomol.*, 20: 807 – 814.

Moriarty F, 1969. Egg diapause and water absorption in the grasshopper *Chorthippus brunneus*. *J. Insect. Physiol.*, 15(11): 2069 – 2074.

Ni SX, Gong AQ, Wang WJ, 2000. Ecological environment for incidence of grasshoppers in the Qinghai lake. *Rural Ecol. Environ.*, 16(1): 5 – 8. [倪绍祥，巩爱歧，王薇娟，2000. 环青海湖地区草地蝗虫发生的生态环境条件分析. 农村生态环境，16(1): 5 – 8]

Shi KY, Li HR, 1991. The controlling strategy and breakout of grasshoppers of Sunan county. *J. Sichuan Grassland*, 35 – 38. [史奎英，李焕仁，1991. 肃南县草地蝗虫发生及防治对策，四川草原，35 – 38]

Vickery VR, 1989. The biogeography of Canadian Grylloptera and Orthoptera. *Can. Entomol.*, 12: 389 – 424.

Wachter DH, O'Neill KM, Kemp WP, 1998. Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) communities on an elevational gradient in southwestern Montana. *J. Kansas Entomol. Soc.*, 71: 35 – 43.

Wei RW, Zheng ZM, Ma SL, 1985. The Fauna of Grasshoppers of Gansu. Gansu People Press, Lanzhou. 209 pp. [卫润屋，郑哲民，马守伦，1985. 甘肃蝗虫图志. 兰州：甘肃人民出版社. 209 页]

Wood PA, Samways MJ, 1991. Landscape element pattern and continuity of butterfly flight paths in an ecologically landscaped botanic garden, Natal. South Africa. *Biol. Conserv.*, 58: 149 – 166.

Wu RF, Huo ZG, Lu ZG, Li X, Jia ZY, 2005. Summarization of research on meteorological environment affecting occurrence of locusts. *J. Nature Disasters*, 14(3): 66 – 73. [吴瑞芬，霍治国，卢志光，李薪，贾忠英，2005. 蝗虫发生的气象环境成因研究概述，自然灾害学报，114(3): 66 – 73]

Xu SQ, Zheng ZM, Li HH, 2004. Cluster analysis on the distribution patterns of grasshopper in Ningxia. *Zool. Res.*, 25(2): 96 – 104. [许升全，郑哲民，李后魂，2004. 宁夏蝗虫地理分布格局的聚类分析. 动物学研究，25(2): 96 – 104]

Zheng ZM, 1985. Acridoidea from Yunnan, Guizhou, Sichuan, Shaanxi and Ningxia. Science Press, Beijing. 406 pp. [郑哲民，1985. 云贵川陕宁地区的蝗虫. 北京：科学出版社. 406 页]

（责任编辑：袁德成）